



Substitusi Ion Fe dan Co pada Barium Hexaferrite dengan Metode Mechanical Milling

Ahmad Fauzi¹, Priyono², Heri Sutanto²

^{1,2} Universitas Diponegoro
Tembalang Semarang

E-mail : Fauzi_pf07@yahoo.co.id¹, Priyonocp@gmail.com², herisutanto@gmail.com²

Abstrak

Telah dilakukan penelitian dengan mensubstitusi ion Fe dan Co pada *barium hexaferrite* tipe M $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$. Diharapkan sintesis tersebut membentuk fasa tipe W *barium hexaferrite* ($\text{BaFe}_{18}\text{O}_{27}$ dan $\text{BaCo}_2\text{Fe}_{16}\text{O}_{27}$). Proses sintesis ini dilakukan dengan *mechanical milling*. Hasil sintesis disintering dengan temperature 1200°C selama 4 jam. Hasil sintesis dikarakterisasi dengan XRD untuk mengamati struktur kristalnya dan permagraph untuk mengamati sifat magnetiknya. Hasil XRD bahwa terjadi perubahan parameter kisi, dengan adanya atom Co menunjukkan parameter kisi naik. hasil dari permagraph bahwa terjadi perubahan sifat magnetik yang cukup signifikan dengan hadirnya unsur Co dalam struktur. Karena terjadi perubahan koersivitas dari 75,15 kA/m menjadi 3,90 kA/m. hal ini menunjukkan bahwa telah terjadi perubahan konstanta anisotropi dan struktur kristalnya.

Kata kunci : *barium hexaferrite, mrchanical milling, anisotropi.*

1. Pendahuluan

Barium hexaferrite adalah salah satu material magnet yang banyak digunakan saat ini, hal ini dikarenakan *Barium hexaferrite* merupakan magnet permanen yang memiliki daya guna yang bagus [1]. *Barium hexaferrite* memiliki saturasi magnetisasi (tingkat kejenuhan sifat magnet) dan koersivitas intrinsiknya (kekuatan medan magnetik) juga sangat tinggi, menyebabkan sifat anistropik material semakin meningkat. sifat magnetik terutama koersivitas pada magnet permanen sangat bergantung pada ukuran butir [2] dan nilai koersivitas yang rendah dibutuhkan untuk dijadikan sebagai absorber [3].

Barium hexaferrite memiliki anisotropi uniaxial, magnetisasi membuat bulir bulirnya terorientasi secara teratur sepanjang sumbu-c. Medan anisotropi yang tinggi membuatnya sesuai Untuk digunakan pada frekuensi yang lebih tinggi [4].

Barium hexaferrite tipe W memiliki temperaure curie dan saturasi magnetik total paling tinggi dibandingkan kelima keluarga *hexagonal ferrite* yang lain. Walaupun tipe W ini memiliki magnetisasi total paling tinggi namun nilai koersivitasnya sangat kecil yaitu hanya beberapa ratus kA/m, sehingga *hexaferrite* tipe W ini

digolongkan sebagai keluarga kelas *soft magnetic material* [5].

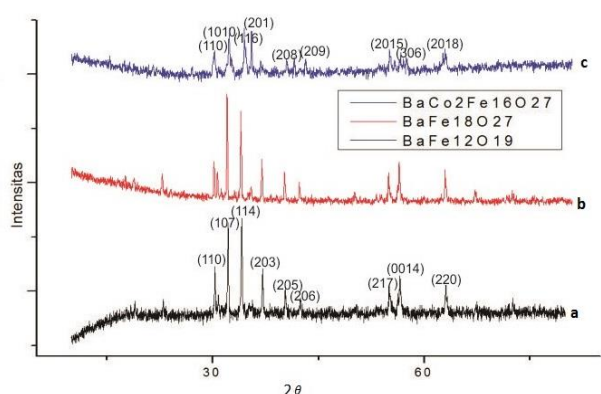
berkembang dengan berbagai metode untuk mendapatkan nanopartikel *Barium hexaferrite*. untuk partikel sangat menentukan karakteristik magnet dari *Barium hexaferrite*. Nilai koersivitas magnet meningkat seiring dengan ukuran partikel yang semakin kecil [6]. Hal ini dikarenakan kecendungan terbentuknya *single phase* pada partikelnya. *Single phase* terlihat pada struktur kristalnya dengan mengacu pada parameter kisi dan volume cellnya [7,8].

Pada penelitian sebelumnya *hexagonal ferrite* yang disubstitusi Ion Co terjadi perubahan sifat magnetiknya [9]. Struktur kristalnya yang dibentuk dipengaruhi oleh adanya substitusi Ion Fe dan Co. Untuk meningkatkan parameter kisi dan sifat magnetnya dibutuhkan adanya Ion Fe dan Co pada material *Barium Hexaferrite* tersebut. Dalam penelitian ini difokuskan pada Substitusi Ion Fe dan Ion Co Pada *Barium hexaferrite* $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ dengan metode *mechanical milling*. Lalu dikarakterisasi Struktur kristal dengan alat *X-Ray Diffractometer* (XRD) dan sifat magnet dengan alat permagraph.

2. Pembahasan

Pengukuran difaksi Sinar X

Untuk dapat mengetahui fasa-fasa yang terbentuk pada sampel $\text{BaFe}_{18}\text{O}_{27}$ dan $\text{BaCo}_2\text{Fe}_{16}\text{O}_{27}$, kedua senyawa tersebut merupakan senyawa yang telah disintesis dari senyawa prekursor dengan mensubstitusi ion Fe dan Co. Sampel dari Hasil sintesis tersebut dilakukan karakterisasi sampel dengan menggunakan peralatan X-Ray diffractometer yang kemudian dianalisa secara kualitatif. Proses analisa tersebut dilakukan dengan cara metode reitveld.



Gambar 3. Pola XRD $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$, $\text{BaFe}_{18}\text{O}_{27}$, dan $\text{BaCo}_2\text{Fe}_{16}\text{O}_{27}$

Hasil identifikasi pencocokan data menggunakan daftar tabel ICDD #430002 menunjukkan bahwa pola XRD $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ dengan puncak kristal bidang (1 0 7) dan (1 1 4), pola XRD $\text{BaFe}_{18}\text{O}_{27}$ dicocokkan dengan menggunakan tabel ICDD #750406. fasa barium heksaferit $\text{BaCo}_2\text{Fe}_{16}\text{O}_{27}$ terlihat puncak Kristal pada bidang (1 0 10) dan bidang (2 0 15) dengan pencocokan data menggunakan daftar tabel ICDD #190098. Gambar 3(a) adalah fasa barium heksaferit $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$, sedangkan Pada gambar 3(b) telah dilakukan proses indentifikasi fasa pada $\text{BaFe}_{18}\text{O}_{27}$ pola difaksi yang menunjukkan parameter kisi $a=b=5,89184 \text{ \AA}$, $c=23,22659 \text{ \AA}$ [11]. gambar 3 (c) dilakukan proses identifikasi fasa pada $\text{BaCo}_2\text{Fe}_{16}\text{O}_{27}$ memiliki parameter kisi $a=b=5,89997 \text{ \AA}$, $c=32,90363 \text{ \AA}$.

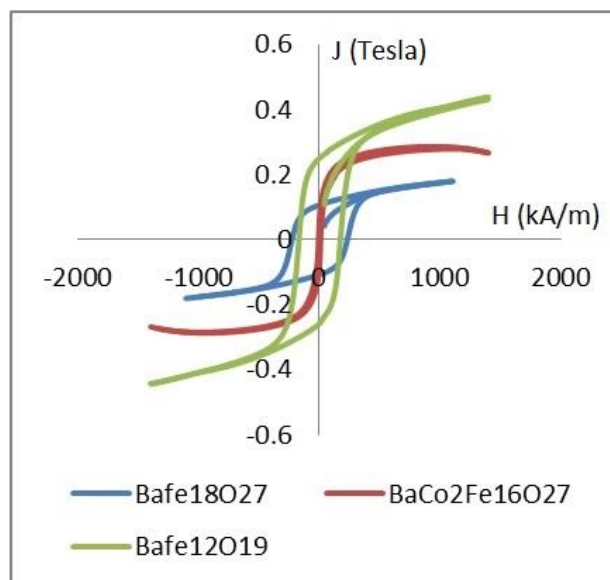
Sampel $\text{BaFe}_{18}\text{O}_{27}$ dan sampel $\text{BaCo}_2\text{Fe}_{16}\text{O}_{27}$ memiliki parameter kisi yang berbeda ternyata menunjukkan pergeseran parameter kisi. Pergeseran parameter kisi $a=b$ pada meningkat sekitar $0,00813 \text{ \AA}$ dan nilai parameter kisi c bertambah sekitar $9,67704 \text{ \AA}$. Dengan bertambahnya nilai parameter kisi pada sumbu c akan berpengaruh pada nilai anisotropi kristalnya [12], mengakibatkan adanya

perubahan sifat-sifat magnet pada material ini, ini berpeluang untuk berbagai aplikasi lain diluar magnet permanen seperti phase sifter [13], penyerap gelombang radar [14]

Sifat Magnetik material

Sifat magnetik pada sampel a $\text{BaFe}_{18}\text{O}_{27}$ dan sampel b $\text{BaCo}_2\text{Fe}_{16}\text{O}_{27}$ dapat diidentifikasi dengan uji permagraph. Sifat magnet suatu bahan dapat dilihat dari kurva histeresis, kurva histeresis didapatkan nilai koersivitas (H_c), remanen (B_r), saturasi magnetik (M_s) dan Energi maksimum (BH).

Dari gambar 4 bahwa kurva histeresis $\text{BaFe}_{18}\text{O}_{27}$ dengan $\text{BaCo}_2\text{Fe}_{16}\text{O}_{27}$ terlihat berbeda, dimana kurva histeresis $\text{BaFe}_{18}\text{O}_{27}$ menunjukkan magnet permanen (*hard magnet*) sedangkan kurva histeresis $\text{BaCo}_2\text{Fe}_{16}\text{O}_{27}$ terlihat bahwa pola histeresisnya *soft magnet*



Gambar 4. Kurva histeresis $\text{BaFe}_{18}\text{O}_{27}$, $\text{BaCo}_2\text{Fe}_{16}\text{O}_{27}$, dan $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$

Terlihat saturasi magnetiknya, dimana saturasi magnetik pada material $\text{BaCo}_2\text{Fe}_{16}\text{O}_{27}$ lebih tinggi dibandingkan dengan saturasi material $\text{BaFe}_{18}\text{O}_{27}$. Ini menandakan bahwa hadirnya ion Co dapat meningkatkan nilai saturasi magnetiknya.

Dengan penambahan atom Co pada Barium Hexaferite $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ ternyata memberikan nilai koersivitas dan remanen magnetik lebih rendah dibandingkan dengan menambahkan atom Fe. Nilai koersivitas dan remanen magnetik mengalami penurunan yang cukup signifikan.

Besar nilai parameter kisi dan sifat magnetik diringkas dalam tabel 1.

Sampel	Paramater Kisi		Sifat Magnetik			
	a (Å)	c (Å)	BH (KJ/m ³)	Hc (KA/m)	Br (tesla)	Ms (tesla)
BaFe ₁₈ O ₂₇	5,89184	23,22659	2,0	75,15	0,106	0,165
BaCo ₂ Fe ₁₆ O ₂₇	5,89997	32,90363	0,0	3,90	0,045	0,278

Tabel 1. Parameter kisi dan sifat magnetik
BaFe₁₈O₂₇ dan BaCo₂Fe₁₆O₂₇

Dengan adanya penurunan nilai koersivitas dan remanen magnetik maka akan memberikan perubahan medan anisotropi kristalnya. Keberadaan ion Co dalam fasa hexaferrite tipe M mampu merubah nilai anisotropi magnetik dari arah planar menuju ke arah axial.

3. Kesimpulan dan Saran

Dari hasil penelitian yang telah dipaparkan diatas dapat diambil kesimpulan bahwa.

Kesimpulan

Substitusi Ion Fe dan Co pada material BaFe₁₂O₁₉ ternyata substitusi ion Co lebih memberikan perubahan yang signifikan pada parameter kisi dan sifat magnetik dibandingkan dengan substitusi ion Fe. Karena jari-jari ion Co (0,074 nm) yang relative lebih besar dari Ion Fe (0,064 nm). Jari-jari atom sangat berpengaruh terhadap perubahan unit sel. Perubahan unit sel akan memberikan perubahan pada parameter kisi dan sifat magnetiknya. Parameter kisi berubah pada kisi kristal axialnya. Dimana nilai berubah dari $c = 23,22659 \text{ Å}$ menjadi $c = 32,90363 \text{ Å}$. Dan juga substitusi ion Co dapat menyebabkan terjadinya perubahan sifat magnetik seperti koersivitas, remanen magnetik dan saturasi magnetiknya. perubahan ini terlihat dari nilai koersivitasnya dari 75,15 kA/m menjadi 3,90 kA/m.

Saran

Penelitian ini diharapkan bisa menjadi bahan referensi untuk penelitian berikutnya dengan variasi substitusi ion Me ke dalam barium hexaferrite.

Ucapan terima kasih

Ucapan terima kasih kami ucapkan kepada Laboratorium Fisika material Universitas diponegoro atas penggunaan perangkat uji XRD dan terima kasih kepada Laboratorium Fisika material Universitas Indonesia atas penggunaan milling dan furnace.

Daftar Pustaka

- [1] Susanto E.A., Handoko E., Mangasi M.A., 2014, *material barium kesaferite tipe W sebagai material penyerap gelombang elektromagnetik.*, Prosiding pertemuan ilmiah HFI Jateng & DIY, hal 0853
- [2] Gramatyk P., Nowosielski R., Sakiewicz P., Raszka. T., 2006, *Soft magnetic composite based on nanocrystalline*, Journal of Achievement materials and manufacturing engineering 301,325–330
- [3] Ghasemi.A., Hoseinpour.A., Morisako.A., Saatchi.A., and Salehi.M., 2006, *Elektromagnetic properties and microwave absorbing characteristics of doped barium hexaferrite.*, Journal of Magnetism and magnetic materials 302
- [4] Karkirde, A., Sinha, B. dan sinha,s.n., 2008, *Development and characterization of nickel zinc spinel ferrite for microwave absorption at 2-4 GHz*, Bull Matter sci. Vol 31 No. 5, indian academi Science pp 767-770.
- [5] Javed I.M., Rafiqat A.K., Shigeru T., Shigemi M., Terunobu M., 2011, *W-type hexaferrite nanoparticles: A consideration for microwave attenuation at wide frequency band of 0.5–10GHz*, Journal of Alloys and Compounds 509, 7618–7624
- [6] Gurkan, N. studies on interaction of electromagnetic waves with barium hexaferrite ceramics, metallurgical and materials engineering department, middle east technical university, (2008).
- [7] P. Gramatyk, R. Nowosielski, P. Sakiewicz, T Raszka, *Soft Magnetic composite based nonocrystalline Fe_{73.5}Cu₁Nb₃Si₁₃B₉ and Fe Podwers*, Jurnal of Achivement materials and manufacturing engineering, 2006.
- [8] Limar, C., Pinho, M.S., Gregorory, M.L., Nunes, R.C.R., Ogasawara, T. 2003., *Effect of different dopants on the microwave properties of M-doped barium hexaferrites*, 8th conference and exhibition of the European ceramic society, istambul, turkey.
- [9] Priyono. 2013., *Pengaruh Susbtitusi Ion Mn dan Ion Co serta Ion Ti pada pembantukan fasa dan*

sifat magnetik barium hexaferrite $\text{BaFe}_9(\text{MnCo})_{1,5}\text{Ti}_{1,5}\text{O}_{19}$ disintesis melalui rute metallurgi serbuk, Inonesian Journal of Applied Physics Vol.3 No1 hal79.

[10] Meshrama, M.R., Nawal., K.A., Sinhaa, B., Misra, P.S. 2004. Characterization of M-Type Barium hexagonal ferrite-based wide band microwave absorber. Journal of magnetism and magnetik materials. Vol.271, pp.207-214.

[11] Priyono, Karakterisasi magnetik dan absorbs gelombang mikro material magnet berbahan dasar barium hexaferrite, Disertasi, FMIPA, Universitas Indonesias, 2010.

[12] Kajal, K., Mallick, P., Shepherd, Roger J., Green. 2007. Dielectric properties of M-type barium hexaferrite prepared by co-precipitation, journal of European ceramic society Vol. 27, pp 2045-2052.

[13] Caffarena, V.R., Cabral, A.J.O., Tavares, and ogasawara., T.L.M.M. 2002. The Contribution of ultra fine milling for the microstructure and density of doped barium hexaferrite sintered disc. Journal of acta microscopica. Vol.11 no.1.

[14] Carl, E.P.1998. Hexagonal ferrite materials for phase shifter application at millimeter wave guide frequencies, IEEE Transaction on magnetic, Vol, 24, pp. 2024-2027.

[15] Ghasem, Hossienpour, A., Morisako, A., Salehi, M. 2006. Elektromagnetik properties and microwave absorbing characteristic of doped barium hexaferrite. Journal of magnetism and magnetik material. Vol.302, pp.429-435.